

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-031188

(43)Date of publication of application : 31.01.2002

(51)Int.Cl.

F16F 15/02  
B60K 5/12

(21)Application number : 2000-215772

(71)Applicant : OSAKA GAS CO LTD

(22)Date of filing : 17.07.2000

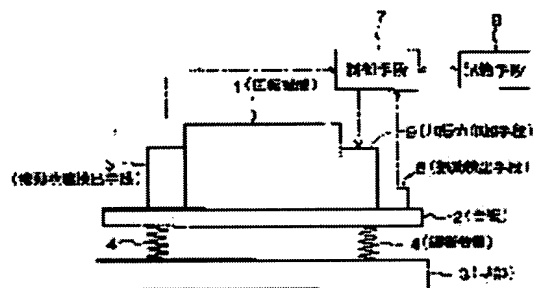
(72)Inventor : IPPONMATSU MASAMICHI  
KITANI TAKEHIKO

## (54) ACTIVE VIBRATION CONTROL DEVICE

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an active vibration control device which minimizes a operation load and displays a great vibration control effect by applying opposite phase excitation force to every angular displacement of a rotary machine.

**SOLUTION:** This active vibration control device is provided with a vibration detecting means which is arranged in a rotary machine performing steady rotation and measuring the vibration acceleration speed of the rotary machine at every angular displacement, a vibration acceleration speed integrating means for integrating the vibration acceleration speed measured while rotating plural times of cycles by the vibration detecting means at every angular displacement, an opposite phase excitation force integrating means for calculating opposite phase excitation force for canceling the vibration acceleration speed at every angular displacement, and an opposite phase excitation force applying means for applying the opposite phase excitation force of each angular displacement to the rotary machine in synchronism with the angular displacement of the rotary machine.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-31188

(P 2 0 0 2 - 3 1 1 8 8 A)

(43) 公開日 平成14年 1 月31日 (2002. 1. 31)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード (参考)
F16F 15/02		F16F 15/02	A 3D035
			P 3J048
B60K 5/12		B60K 5/12	G
			J

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 6 頁)

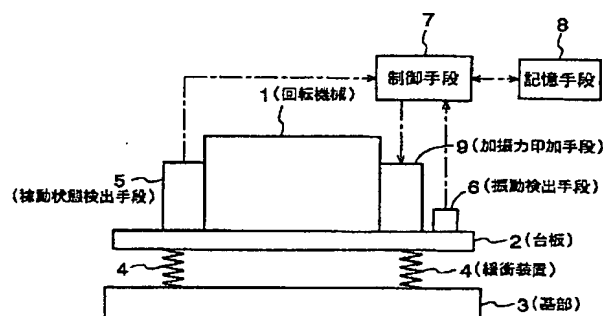
(21) 出願番号	特願2000-215772 (P 2000-215772)	(71) 出願人	000000284 大阪瓦斯株式会社 大阪府大阪市中央区平野町四丁目 1 番 2 号
(22) 出願日	平成12年 7 月17日 (2000. 7. 17)	(72) 発明者	一本松 正道 大阪府大阪市中央区平野町四丁目 1 番 2 号 大阪瓦斯株式会社
		(72) 発明者	木谷 威彦 大阪府大阪市中央区平野町四丁目 1 番 2 号 大阪瓦斯株式会社
		(74) 代理人	100107308 弁理士 北村 修一郎 (外 1 名)
		F ターム (参考)	3D035 CA35 CA43 3J048 AA01 AB11 AB15 AD03 DA01 EA01

(54) 【発明の名称】 アクティブ防振装置

(57) 【要約】

【課題】 回転機械の回転角位置毎に逆位相加振力を印加することで、演算負荷が小さく、防振の効果が大きなアクティブ防振装置を提供する。

【解決手段】 アクティブ防振装置が、定常回転を行っている回転機械に設けられた、回転機械の振動加速度を回転角位置毎に測定する振動検出手段と、振動検出手段によって複数回転周期測定された振動加速度を回転角位置毎に積算する振動加速度積算手段と、積算された振動加速度に基づいて、振動加速度を打ち消すための逆位相加振力を回転角位置毎に算出する逆位相加振力算出手段と、回転角位置毎の逆位相加振力を回転機械の回転角位置に同期させて、回転機械に対して印加する逆位相加振力印加手段とを備えてなる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 定常回転を行っている回転機械に設けられた、前記回転機械の振動加速度を回転角位置毎に測定する振動検出手段と、

前記振動検出手段によって複数回転周期測定された振動加速度を前記回転角位置毎に積算する振動加速度積算手段と、

前記積算された振動加速度に基づいて、前記振動加速度を打ち消すための逆位相加振力を前記回転角位置毎に算出する逆位相加振力算出手段と、

前記回転角位置毎の逆位相加振力を前記回転機械の前記回転角位置に同期させて、前記回転機械に対して印加する逆位相加振力印加手段とを備えてなるアクティブ防振装置。

【請求項 2】 定常回転を行っている回転機械に設けられた、前記回転機械の振動加速度を回転角位置毎に測定する振動検出手段と、

前記振動検出手段によって複数回転周期測定された振動加速度を前記回転角位置毎に積算する振動加速度積算手段と、

前記積算された振動加速度を回転角位置の関数としてフーリエ変換し、周波数毎の振動加速度を算出するフーリエ変換手段と、

前記周波数毎の振動加速度に基づいて、前記振動加速度を打ち消すための逆位相加振力を前記周波数毎に算出する逆位相加振力算出手段と、

前記周波数毎の逆位相加振力を前記回転機械の前記周波数毎に、前記回転機械に対して印加する逆位相加振力印加手段とを備えてなるアクティブ防振装置。

【請求項 3】 前記回転機械の稼働状態を測定する稼働状態測定手段と、

前記逆位相加振力算出手段によって算出された前記回転機械がとり得る稼働状態毎の逆位相加振力情報を記憶する記憶手段と、

定常回転を行っている前記回転機械の稼働状態に対応する逆位相加振力を前記逆位相加振力情報に基づいて決定する逆位相加振力決定手段とを更に備えてなる請求項 1 または請求項 2 に記載のアクティブ防振装置。

【請求項 4】 前記逆位相加振力を印加したことによる振動の減衰量を測定し、前記逆位相加振力と前記減衰量との比を算出することで、逆位相加振力の最適値を算出することを特徴とする請求項 1 から請求項 4 のいずれかに記載のアクティブ防振装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、回転機械に発生する振動を打ち消すためのアクティブ防振装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】ガスエンジン、ガスタービン、ディーゼルエンジン、ガソリンエンジン、ポンプ、モータ等の動

力発生装置、発電機等の回転機械ではその回転運動に起因して振動が発生することから、その振動を低減するためのゴム、スプリング等の緩衝部材が回転機械を支持するように設けられ、設置されていた。回転機械で発生する振動で問題となるのは、数 Hz ～ 約 250 Hz 程度の周波数の振動であるが、約 125 Hz ～ 約 250 Hz の周波数の振動はゴムやスプリングなどの緩衝部材によって、除去することができる。一方で、発生する振動加速度と同じ大きさの加速度を持つ逆位相加振力を回転機器に印加することで、発生する振動加速度を打ち消し、回転機器の振動を低減させようとするアクティブ防振装置もある。約 125 Hz ～ 約 250 Hz の周波数の振動は上述のような緩衝部材によって除去されるが、約 125 Hz 以下の周波数の振動を除去するためには上述のアクティブ防振装置が用いられている。また、従来のアクティブ防振装置では、検出された振動をフーリエ変換することで周波数毎の振動加速度を求め、それと同じ大きさの逆位相加振力を回転機械に印加して、振動を打ち消すことが行われていた。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】定常回転を行っている回転機械で発生する振動加速度は周期性を有しており、回転機械の回転周期の n 倍波 (n は整数) で観測される。ただし、回転機械が 4 ストロークのエンジンであるならば、1 回転周期は回転機械の 2 回転で規定される。しかしながら、従来のアクティブ防振装置においては、振動加速度が周期性を有することについて考慮されていなかったために、検出された振動加速度をフーリエ変換して周波数毎の振動加速度を算出する場合は発生する振動を時間に関して無前提で積分することを行っていた。従って、無前提でフーリエ積分を行う故に、従来のアクティブ防振装置では極めて大きな演算能力が必要であった。

【0004】さらに、回転機械に発生する振動加速度は、実際には周期的に変化するものであり、それは回転機械の回転角位置と対応して変化する。しかし、回転機械の回転角位置は、一連の測定タイミングからなる測定周期毎に変動する。すなわち、振動加速度は、前の測定周期における振動加速度と時間的にずれて現れる。その結果、前の周期の振動加速度に基づいて算出した逆位相加振力を次の周期に印加しても、振動加速度と逆位相加振力とが時間的にずれている、即ち両者の位相がずれているために振動を相殺することができず、防振の効果が十分に発揮されない。具体的には、回転数が約 1% ずつ変動するとすると、定常回転 (900 rpm) をしている 4 ストロークエンジン (2 回転で 1 周期とする) の場合、1 周期当たり 14 (ms) (= 1 / 7.5 Hz × 0.01) の変動があることになる。従って、発生する振動加速度が 16 倍波であるとする、回転機械の 1 周期毎に 16% ずつ振動加速度の位相が時間的にずれるこ

10

20

30

40

50

とになり、フーリエ変換を頻繁に行わねばならなかった。

【0005】本発明は上記の問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、回転機械の回転角位置毎に逆位相加振力を印加することで、演算負荷が小さく、防振の効果が大きなアクティブ防振装置を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するための本発明に係るアクティブ防振装置の第一の特徴構成は、特許請求の範囲の欄の請求項1に記載した如く、定常回転を行っている回転機械に設けられた、前記回転機械の振動加速度を回転角位置毎に測定する振動検出手段と、前記振動検出手段によって複数回転周期測定された振動加速度を前記回転角位置毎に積算する振動加速度積算手段と、前記積算された振動加速度に基づいて、前記振動加速度を打ち消すための逆位相加振力を前記回転角位置毎に算出する逆位相加振力算出手段と、前記回転角位置毎の逆位相加振力を前記回転機械の前記回転角位置に同期させて、前記回転機械に対して印加する逆位相加振力印加手段とを備えてなる点にある。

【0007】上記目的を達成するための本発明に係るアクティブ防振装置の第二の特徴構成は、特許請求の範囲の欄の請求項2に記載した如く、定常回転を行っている回転機械に設けられた、前記回転機械の振動加速度を回転角位置毎に測定する振動検出手段と、前記振動検出手段によって複数回転周期測定された振動加速度を前記回転角位置毎に積算する振動加速度積算手段と、前記積算された振動加速度を回転角位置の関数としてフーリエ変換し、周波数毎の振動加速度を算出するフーリエ変換手段と、前記周波数毎の振動加速度に基づいて、前記振動加速度を打ち消すための逆位相加振力を前記周波数毎に算出する逆位相加振力算出手段と、前記周波数毎の逆位相加振力を前記回転機械の前記周波数毎に、前記回転機械に対して印加する逆位相加振力印加手段とを備えてなる点にある。

【0008】上記目的を達成するための本発明に係るアクティブ防振装置の第三の特徴構成は、特許請求の範囲の欄の請求項3に記載した如く、上記第一または第二の特徴構成に加えて、前記回転機械の稼働状態を測定する稼働状態測定手段と、前記逆位相加振力算出手段によって算出された前記回転機械がとり得る稼働状態毎の逆位相加振力情報を記憶する記憶手段と、定常回転を行っている前記回転機械の稼働状態に対応する逆位相加振力を前記逆位相加振力情報に基づいて決定する逆位相加振力決定手段とを更に備えてなる点にある。

【0009】上記目的を達成するための本発明に係るアクティブ防振装置の第四の特徴構成は、特許請求の範囲の欄の請求項4に記載した如く、上記第一から第三のいずれかの特徴構成に加えて、前記逆位相加振力を印加し

たことによる振動の減衰量を測定し、前記逆位相加振力と前記減衰量との比を算出することで、逆位相加振力の最適値を算出する点にある。

【0010】以下に作用並びに効果を説明する。本発明の第一の特徴構成によれば、振動検出手段が回転機械の振動加速度を回転角位置毎に測定し、振動加速度積算手段が振動検出手段によって複数回転周期測定された振動加速度を回転角位置毎に積算し、逆位相加振力算出手段が積算された振動加速度に基づいて、振動加速度を打ち消すための逆位相加振力を算出し、逆位相加振力印加手段が逆位相加振力を回転機械に対して回転角位置に同期させて印加する構成とすることで、振動加速度の積算による測定精度の向上と、回転角位置で振動加速度と逆位相加振力との同期をとることによる位相ずれの可能性の排除を行うことができる。詳細には、測定した振動加速度を回転位置角毎に積算することによって測定誤差を低減させること、例えば、900回(900周期)測定して積算した場合、積算することによってその誤差は1回の測定の1/30まで低減させることができる。さらに、回転機械の回転周期毎に時間的に変動して現れる振動加速度を相殺するために、回転角位置に関して振動加速度と逆位相加振力との同期をとることで、両者の位相にずれが無く効果的な振動加速度の相殺を行うことができる。

【0011】同第二の特徴構成によれば、振動検出手段が回転機械の振動加速度を回転角位置毎に測定し、振動加速度積算手段が振動検出手段によって複数回転周期測定された振動加速度を回転角位置毎に積算し、フーリエ変換手段が積算された振動加速度を回転角位置の関数としてフーリエ変換して周波数毎の振動加速度を算出し、逆位相加振力算出手段が積算された振動加速度に基づいて、振動加速度を打ち消すための逆位相加振力を算出し、逆位相加振力印加手段が逆位相加振力を回転機械に対して回転角位置に同期させて印加することで、フーリエ積分の演算を上記の周期内で行うことができ、解析精度に対する要求を低くすることができる。さらに、従来のアクティブ防振装置では、積分範囲を定めずにフーリエ積分を行っていたため演算負荷が極めて大きく、演算負荷を小さくするために演算精度が犠牲にされていた。しかし、本特徴構成によれば、従来装置に比べて約2桁以上の演算負荷の低減効果を得ることができ、さらに演算精度を犠牲にすることもない。

【0012】同第三の特徴構成によれば、記憶手段が、回転機械がとり得る稼働状態毎に逆位相加振力算出手段によって算出された逆位相加振力情報を記憶し、逆位相加振力決定手段が定常回転を行っている回転機械の稼働状態に対応する逆位相加振力を逆位相加振力情報に基づいて決定することで、振動検出手段またはフーリエ変換手段等は逆位相加振力を算出する段階でしか必要でないもので、一旦それらの測定を行えば、その後は必要でな

10

20

30

40

50

く、装置のコストを大幅に低減させることができる。

【0013】同第四の特徴構成によれば、前記逆位相加振力を印加したことによる振動の減衰量を測定し、前記逆位相加振力と減衰量との比を算出することで、逆位相加振力の最適値を算出することができるため、引き続いて逆位相加振力を印加する際に適切な値を印加することができる。

【0014】

【発明の実施の形態】図面を参照して本発明に係るアクティブ防振装置を説明する。図1に図示するように、回転機械1は台板2の上に配置され、その台板2は基部3上に配置された緩衝部材4で支持される。さらに、回転機械1の回転数または回転角位置等の稼動状態を測定するための稼動状態検出手段5と、台板2における振動加速度を測定する振動検出手段6と、稼動状態および振動加速度が伝達される制御手段7と、測定又は算出した値を記憶することができる記憶手段8と、制御手段7からの命令に従って回転機械1に加振力を印加する加振力印加手段9とが図1に図示するように配置される。本発明に係るアクティブ防振装置においては、以下に示すような機能が備わっていればよい。

【0015】本発明に係るアクティブ防振装置は、定常回転を行っている回転機械1に設けられた、回転機械1の振動加速度を回転角位置毎に測定する振動検出手段6と、振動検出手段6によって複数回転周期測定された振動加速度を回転角位置毎に積算する振動加速度積算手段と、積算された振動加速度に基づいて、振動加速度を打ち消すための逆位相加振力を算出する逆位相加振力算出手段と、逆位相加振力を回転機械1に対して回転角位置に同期させて印加する加振力印加手段9とを備えて構成される。ここで、振動加速度積算手段および逆位相加振力算出手段は制御手段7によって代表される。

【0016】＜第1実施形態＞図2および図3を参照して本発明に係るアクティブ防振装置の動作工程を説明する。工程100において回転機械1を定常回転で運転する。次に、工程102では、緩衝装置4では排除できなかった振動加速度が振動検出手段6で測定される。その振動加速度の波形を例示的に示したのが図3の実線のグラフである。振動加速度の大きさは回転角位置の関数として表される。このように、回転機械1が定常回転で稼動することにより発生する振動加速度は、図3に示すように回転機械1の回転角位置に基づいて周期的に現れるが、その回転角位置は時間的に変動するため、測定した振動加速度が時間的な周期を持って現れるとは限らない。従って、本願発明では回転角位置に基づいて種々の演算を行う。次に、測定された回転角位置と、それに対応する振動加速度は、制御手段7に伝達される。この測定は複数回転周期行われ、工程104では制御手段7において振動加速度が回転角位置毎に積算される。工程106では、積算された振動加速度に基づいて、振動加速

度を打ち消すための逆位相加振力が算出される。図3の点線で示した波が逆位相加振力の波形である。工程108では、算出された逆位相加振力が加振力印加手段9に伝達されて、発生した振動加速度の回転角位置に同期した逆位相加振力が回転機械1に印加される。

【0017】回転機械1により発生した振動加速度が加振力印加手段9によって印加された逆位相加振力によって相殺されるため、結果的に台板2上の振動検出手段6で検出される振動は逆位相加振力を印加する前に測定された振動加速度よりも大幅に小さい振動加速度である。さらに、本実施形態では発生した振動加速度の回転角位置角と同期した逆位相加振力が印加されるために、振動加速度と逆位相加振力との位相がずれることはない。

【0018】また、図4に示すような第1実施形態の改変例も行われ得る。その特徴は、発生する振動加速度が特定の周波数を持った振動加速度であることを鑑みて防振を行う点にある。上記の実施形態では、積算された振動加速度から次に印加すべき逆位相加振力を算出していたが、ここでは工程104の後に積算された振動加速度を回転角位置の関数として回転機械1の周期でフーリエ変換を行い周波数毎の振動加速度を算出するという工程105を設ける。発生する振動加速度は特定の周波数を持った振動加速度であるため、フーリエ変換を行うことで振動加速度に含まれる周波数毎の振動加速度を求めることができる。その後、工程106では、それに対応する周波数毎の逆位相加振力を算出し、工程108'において回転機械1にその逆位相加振力を印加する。

【0019】＜第2実施形態＞第1実施形態では、回転機械1により発生した振動加速度を振動検出手段6で検出した後、逆位相加振力を印加していた。工程200では、逆位相加振力を予め回転機械1がとり得る稼動状態毎に第1実施形態と同様の方法で算出する。ここで、稼動状態とは回転機械1において発生する振動加速度を変化させるもので、例えば、回転機械1の回転数が挙げられる。すなわち、回転機械1がとり得る回転数毎に逆位相加振力を制御手段7で算出し、それらのデータを逆位相加振力情報として記憶手段8に記憶しておく。以降の工程では、第1実施形態とは異なり振動検出手段6を使用する必要はない。工程202では、稼動状態を測定する。工程204では、記憶手段8に記憶されている稼動状態と逆位相加振力との関係から、工程202で測定した稼動状態に対応する逆位相加振力が選択される。工程206では、逆位相加振力が回転機械1に印加される。ここで、工程200は第1実施形態で説明した方法により行われ、回転角位置毎またはフーリエ変換を行うことにより求めた周波数毎の逆位相加振力であることから、工程206では逆位相加振力が回転角位置毎または周波数毎に印加される。

【0020】本実施形態においては、振動検出手段6は初めに稼動状態毎の振動加速度を測定する場合以外は必

要なく、同様に振動加速度積算手段、フーリエ変換手段、逆位相加振力算出手段なども初めに稼動状態毎の逆位相加振力を算出する場合以外は不必要となるので、装置のコストを大幅に低減させることができる。或いは、稼動状態毎に印加すべき逆位相加振力が当初から記憶装置に記憶されていれば、初めにそれらを算出することも必要ないために、さらに装置のコストを低減させることができる。

【0021】上述したように、本実施形態では回転機械 1 の稼動状態を測定し、それに基づいて逆位相加振力を算出して印加した。しかしながら、本実施形態はあくまでも回転機械 1 の稼動状態と発生する振動加速度とが正確に対応することを前提としていいるために、そうでない場合は逆位相加振力を印加したとしても完全に防振を行うことができない場合がある。つまり、逆位相加振力を印加しても、振動が発生する可能性がある。従って、上記第 2 実施形態に引き続いて第 1 実施形態を行って、発生した振動を打ち消すような逆位相加振力を印加することもできる。この場合は、予め逆位相加振力を印加しているために発生する振動加速度は小さく、後の工程で例えばフーリエ変換を行って逆位相加振力を求めようとした場合であっても、その解析精度は小さくてすむという利点がある。

【0022】＜第 3 実施形態＞第 1 および第 2 実施形態で説明したように、発生した振動加速度、または発生していると思われる振動加速度を打ち消すような逆位相加振力を印加して防振を行う装置がある。しかしながら、印加した逆位相加振力によって実際に完全な防振が行われたかどうかは不明であるため、印加した逆位相加振力とそれによる振動加速度の減衰量を求めて活用すること

は有用である。

【0023】図 6 に示すように工程 300 では、上記の工程 108、108'、206 に従って逆位相加振力を印加すると共に振動加速度を測定する。工程 302 では、印加した逆位相加振力とその後に測定した振動加速

度とを比較すること、または逆位相加振力を印加する前と後との振動加速度を比較することにより、振動加速度の減衰量を算出する。工程 304 では、工程 300 で印加した逆位相加振力と振動加速度の減衰量との比を算出する。工程 306 では第 1 または第 2 実施形態にしたがって逆位相加振力を算出する。工程 308 では、工程 306 で算出された逆位相加振力を工程 304 で求めた比で除算して実際に印加する逆位相加振力、即ち、最適な逆位相加振力を算出する。工程 310 では逆位相加振力を印加する。このように、最適な逆位相加振力は、逆位相加振力が印加される度に算出されることから、印加される逆位相加振力は徐々に最適化されていくことになる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】アクティブ防振装置の構成図である。

【図 2】アクティブ防振装置の動作を説明する図である。

【図 3】振動加速度および逆位相加振力の波形を示すグラフである。

【図 4】アクティブ防振装置の動作を説明する図である。

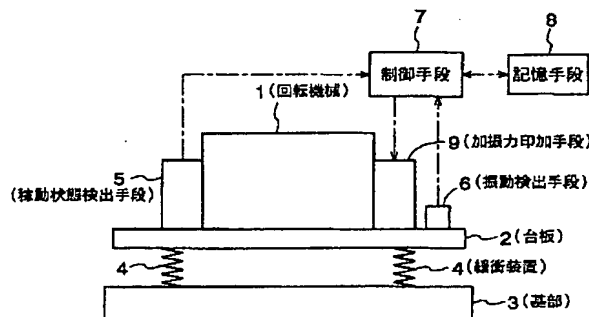
【図 5】アクティブ防振装置の動作を説明する図である。

【図 6】アクティブ防振装置の動作を説明する図である。

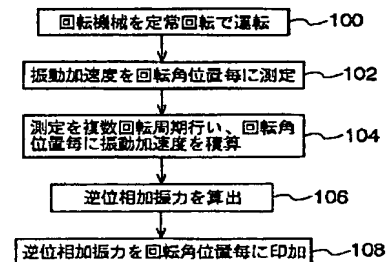
【符号の説明】

- 1 回転機械
- 2 台板
- 3 基部
- 4 緩衝装置
- 5 稼動状態検出手段
- 6 振動検出手段
- 7 制御手段
- 8 記憶手段
- 9 加振力印加手段

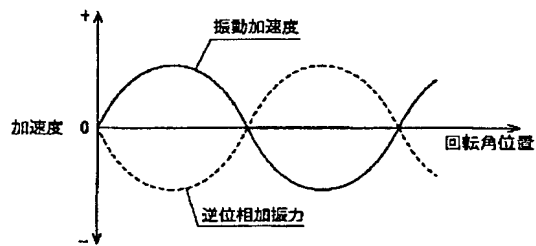
【図 1】



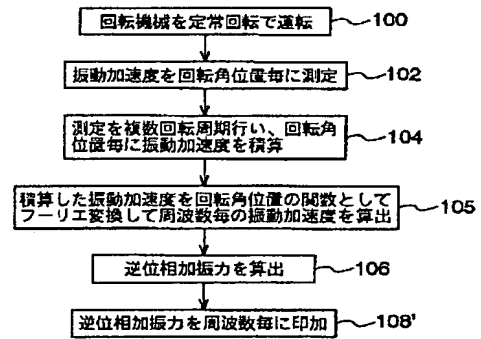
【図 2】



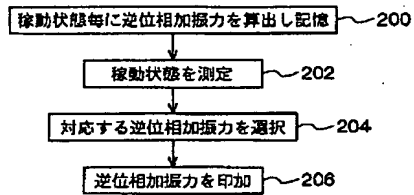
【図 3】



【図 4】



【図 5】



【図 6】

